

# 印刷電路板用銅箔的現況與未來

◆ 邱秋燕\*、賴文貴\*、翁榮洲\*\*

工研院工業材料研究所

防蝕及應用電化學實驗室、

\*研究員、\*\*正研究員兼主任

◆ 劉秀琴

管理師

本文(1)首先針對目前印刷電路板用電解及壓延銅箔的種類與規格及

其包括生箔製造、粗化處理、抗熱/防銹等製程加以介紹，

由於印刷電路板有不同的用途及銅箔在壓合面及光阻面有不同的要求，

故其在後處理的製程及方法略有不同。

另外，(2)介紹隨著電子產業技術的革新及性能要求日益嚴苛，

傳統銅箔的冶金品質及機械性能無法滿足而需開發出特殊性能的銅箔，

如LVP、HTE、HFD、高抗熱層處理及超薄銅箔，

(3)介紹銅箔本身及與樹脂壓合成CCL後性能評估的項目及方法，

而此二者為目前工業材料研究所高性能銅箔及製程計畫努力的目標與方向之一。

最後(4)針對銅箔的發展趨勢及未來方向加以介紹，

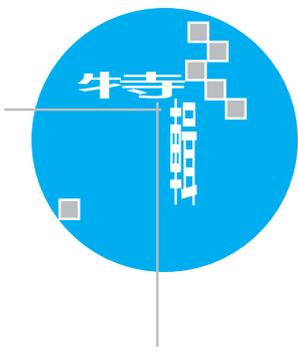
並指出為提昇我國整體電子/印刷電路板/銅箔產業的競爭能力，

建立國人開發高性能電解銅箔產製能力的重要性與迫切性。

## 前言

金屬箔的歷史已有數百年，當時主要用做裝飾品使用。重要產品如金箔與銀箔，當時的製造方法是以木槌進行壓延，這種方法持續發展並做成量產化即目前壓延法的由來。

1937年美國最大的產銅公司(Anaconda)發展出以電解法連續製造銅箔。這種發明可生產很薄的銅箔且價格便宜，大量供給銅箔基板使用，造成1950年代以後印刷電路板(以下簡稱PCB)的普及。此後，銅箔和積層板不斷加以改良發展至今。



近年來電腦的高速化、高性能化，通信器材的高速化、輕量化及消費電子產品的輕薄短小化等技術的革新與進步是有目共睹的。隨著半導體零件

的高積層化、小型化，表面構裝的種種進步及PCB多層化、細線化的發展，高密度細線化PCB用銅箔也因應使用需求，而出現高性能、可靠度的銅箔，如高溫高延伸率(HTE)、高疲勞延展性、低稜線(LP)、很低稜線VLP (very low profile)銅箔及超薄銅箔開發需求增加的傾向。

### 銅箔的分類與製程

PCB用銅箔的分類方法，可依其製造方法及品質設計、特性進行分類。

銅箔基材方面先前最權威的分類方法是IPC-CF-150E (Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits)規格，近年來銅箔以外的金屬箔也有一些適用，因

此對這種規格也有改版的作業，IPC-MF-150如表一所示。

銅箔依製造方法和物性加以區分(請參考表二)，一般分為壓延銅箔、電解銅箔和複合箔(有支撐載箔)。有支撐的銅箔主要是以電解法製造，在電解銅箔中又無法明確定位，因此歸類為複合箔加以區分。

銅箔的特性與製造方法有密切的關係，因此首先根據製造方法和特徵加以說明。

PCB用銅箔的製造流程，不管是那一種類均可分成四部份：

- 生箔工程
- 粗化處理工程
- 防銹處理工程
- 接著劑塗佈工程

#### 一、生箔工程

生箔部份的製造工程可分為電解法和

表一 IPC金屬箔區分表

摘要	代號與特性									
	等級	CU	CIC	XX						
種別	等級	CU	CIC	XX						
	特性	銅箔	Cu/Inv/Cu	其他						
型式	等級	E	W	C	O					
	特性	電解箔	壓延箔	複合箔	其他					
銅箔	等級	1	2	3	4	5	6	7	8	
	特性	STD-E	HD-E	HTE-E	ANN-E	AR-W	LCR-W	ANN-W	ARLT-W	
厚度	等級	E	Q	T	H	M	1	2	3	4
	特性	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	2	3	4
表面處理	等級	N	P	S	D					
	特性	無防銹	無處理	單面處理	雙面處理					
profile	等級	A	B	C						
	特性	VLP	LP	STD						
品質等級	等級	1	2	3						
	特性	民生	產業	高可靠度						

註：代碼說明

Cu / Inv / Cu：銅 / invar / 銅箔

STD：標準箔

HD：高延展性箔

HTE：高溫延伸箔

ANN：退火箔

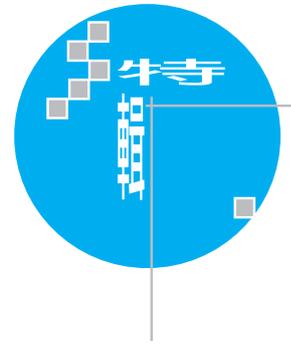
AR：壓延箔

LCR：輕冷間壓延箔

ARLT：低溫退火壓延箔

VLP：很低稜線箔( $R_z \leq 5.0 \mu m$ )

LP：低稜線箔( $5.0 \leq R_z \leq 10.0 \mu m$ )



壓延法，複合箔一般用電解法製造，但也有人建議電解法製造後再進行壓延。

### 1. 壓延銅箔

圖一為壓延銅箔的製造流程圖，壓延銅箔經設定退火條件、加工率以及選擇基材（精煉銅、無氧銅）來控制物性。事實上，壓延法僅單純在長度上加工，因此壓延箔壓延方向與幅寬方向的特性會有不同，銅箔的表面（光澤面）經重覆壓延後，片面光澤會消失。

壓延銅箔因受設備的限制，寬度很難做到1M以上，硬質基板較少使用。至於電解銅箔，比較適合做寬幅，所以紙基

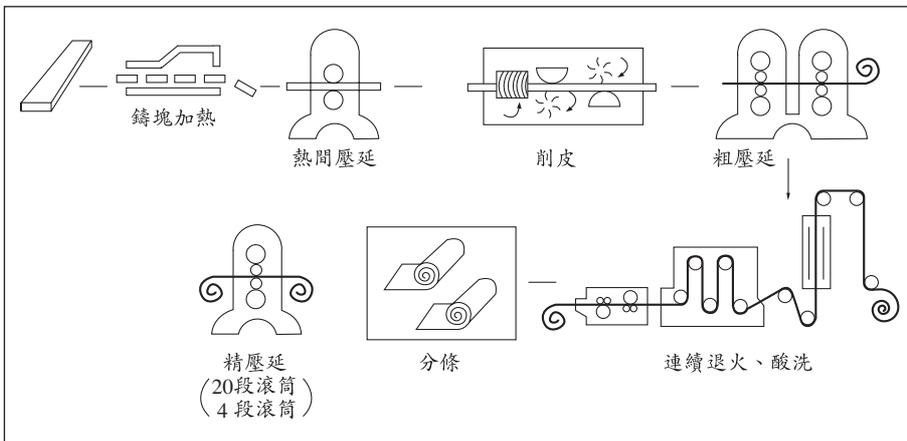
板、玻璃纖維基板、軟板及多層印刷電路板大都使用電解銅箔。

### 2. 電解銅箔

圖二為電解銅箔的製造流程圖。電解法是當通電的情況下，在迴轉的陰極滾筒上析出銅，並連續捲出薄的銅箔。通常陽極使用不溶性電極，陰極析出銅後，溶液中銅離子以銅金屬（如銅線、粒、塊等）溶解並經由循環補充銅離子。

電解法可利用較高的電流密度提高生產能力，連續電解、連續捲曲均質的薄銅箔，是壓延法不能達到之優點。

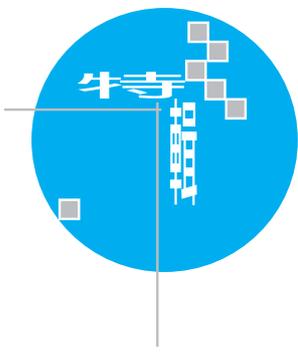
箔的表面形狀，光澤面（在銅箔基層板外側）及析出面的形狀，會隨鍍浴條件（浴組成、液溫、添加劑...等等）及電流密度而改變。因此，銅箔的物性會受鍍液條件及電流密度的影響。



▲圖一 壓延銅箔製造流程

表二 銅箔規格的特性

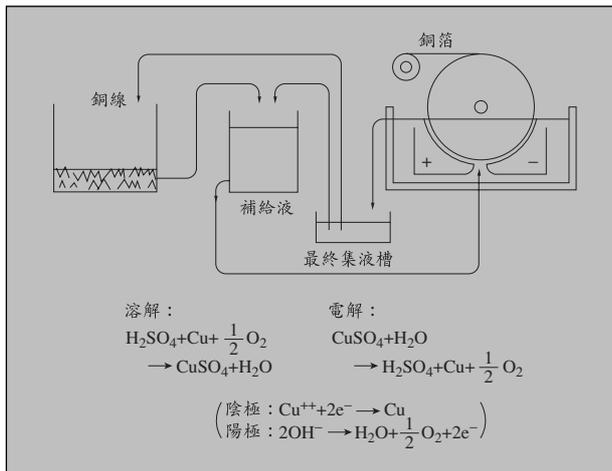
摘要		單位	電解銅箔(E)							複合箔(C)			壓延銅箔(W)									
等級	-		STD			HD	HTE			ANN	鋁載箔			AR			LCR	ANN	ARLT			
厚度	μm		18	35	70	35	18	35	70	35	5	9	35	18	35	70	70	70	18	35	70	
單重	g/m <sup>2</sup>		146 ~160	290 ~320	580 ~640	290 ~320	146 ~160	290 ~320	580 ~640	290 ~320	43 ~46	77 ~84	290 ~320	146 ~160	290 ~320	580 ~640	580 ~640	580 ~640	146 ~160	290 ~320	580 ~640	
常態	延伸率	%	2	3	3	10	2	3	3	10	N/A	N/A	3	0.5	0.5	1.0	1~20	20	5	10	TBD	
	抗拉強度	Kg/mm <sup>2</sup>	10.1	20.3	20.3	20.3	10.1	20.3	20.3	13.5	N/A	N/A	20.3	33.8	33.8	33.8	17.4 ~33.8	16.9	10.1	13.5	TBD	
熱間	延伸率	%	N/A	N/A	N/A	N/A	2	3	3	15	N/A	N/A	N/A	TBD	2	3	N/A	11	TBD	TBD	TBD	
	抗拉強度	Kg/mm <sup>2</sup>	N/A	N/A	N/A	N/A	TBD	13.5	13.5	10.1	N/A	N/A	N/A	TBD	13.5	27.1	N/A	14.9	TBD	TBD	TBD	
疲勞	常態	%	15	15	15	30	15	15	15	50	N/A	N/A	15	30	30	30	30~65	65	25	25	TBD	
	熱間	%	N/A	N/A	N/A	N/A	TBD	TBD	TBD	TBD	N/A	N/A	N/A	TBD	TBD	TBD	N/A	TBD	TBD	TBD	TBD	
銅純度	%		99.8										99.9									
備註			N/A：沒有規定 TBD：待定中																			



表三 35 $\mu\text{m}$ 銅箔的抗撕強度

種類	單位	電解銅箔M面	電解銅箔S面	壓延銅箔光面	UTC箔
P/S/A	kg/cm	2.10	1.40	0.85	1.40
粗度( $R_{\text{max}}$ )	$\mu\text{m}$	9.0	4.0	1.5	4.0
備註					鍍銅至35 $\mu\text{m}$ 後測定

評估用基板：FR-4



▲圖二 電解銅箔製造流程

### 3. 支撐型銅箔

以壓延法製造的鋁箔或較厚的電解銅箔，可做為超薄電解銅箔之支撐。為了控制載箔與超薄電解銅箔間的接著力，必須施以前處理，然後再鍍上所需銅的厚度。這類銅箔的物性隨電解條件而改變，是不言而喻的。

## 二、粗化處理工程

粗化處理是為为了提高與樹脂的接著性，箔的基礎形狀、粗化的方法會導致接著強度的變化。

電解箔的析出面（Matte面，簡稱M面）、光澤面（Shiny面，簡稱S面）、壓延箔的光面和9 $\mu\text{m}$ 的超薄銅箔（Ultra Thin Copper，簡稱UTC）以FR-4基板進行抗撕強度試驗，其結果如表三所示。由表中得知，粗度與抗撕強度之關係，處理面的粗

度愈高，樹脂的「固著(Anchor)」效果愈大，抗撕強度愈高。

另外，利用電解黑色樹枝狀銅處理的粗化方法已有多年的歷史，使得一些壓延銅箔的蝕刻特性好，背膠銅箔現在仍使用此方法。

隨著印刷電路板高密度化的發展進步到細線化(Fine Pattern)，對接著強度的要求提高，乃開發一般瘤狀的粗化處理方法。

像這種多樣化的粗化處理，是為為了因應各種不同的蝕刻製程，因為製程的簡單化與統一化會造成PCB廠製程很大的障礙，這是一般銅箔公司共同的想法。

## 三、防銹處理工程

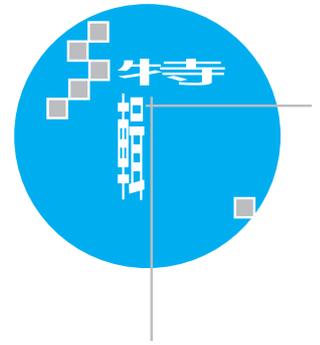
在銅箔表面形成防銹皮膜的技術由來已久，其方法可如下面幾種方法的組合：

- 有機單分子防銹皮膜（脂肪酸、Triazole、Imidazole）
- 犧牲性防蝕（鋅、黃銅、比銅更活潑的金屬做披覆）
- 鈍化態的無機皮膜（鉻酸化）

當做印刷電路板用的銅箔，最初只考慮銅箔的保存性，所以用有機防銹皮膜即可。然而，因印刷電路板的用途擴大，發現防銹處理會影響電路板的特性。防銹處理製程可分為S面和M面，因為他們的特性要求不同其防銹處理方式亦不同。

### 1. S面

S面的線路(Pattern)是藉由蝕刻、光阻



的印刷或貼合形成。然而S面的防銹處理會防礙光阻劑的密合性以及蝕刻性。爲了因應更高密度的印刷電路板商品，又要求具均質的表面。單面板很多是使用直接焊接，所以焊錫性良好就顯得相當重要，防銹處理會防礙焊接與銅合金化，值得特別注意。除了以上的表面特性外，爲了防止加熱成形產生變化（氧化變色），有採用鋅系合金Zn-Ni、Zn-Cr進行防銹處理的傾向。

## 2. M面

M面是指與樹脂接著的那面，其被要求的特性是與S面不同的。

(1)與樹脂的化學反應性。爲了要提高接著強度所以必需具親和性；同時，純銅的反應性太高，加熱時會使樹脂變質，所以必需有防礙樹脂和銅接觸的抗熱層(Barrier)存在。

(2)耐化學藥品性。若銅箔的耐化學藥品性不良，在蝕刻或電鍍時線路會從樹脂面浮起。

(3)蝕刻特性，尤其是鹼性系統的蝕刻會有金屬殘留的現象。

爲了滿足以上的需求，對防銹處理技術來說，可藉由金屬皮膜如鋅、鎳、鎳、錫...等，幾乎所有的方法都需和鉻酸皮膜並用。

---

## 四、接著劑塗佈工程

---

上膠銅箔（稱ACC）的用途包括酚醛樹脂基板和環氧樹脂基板，接著劑的塗佈量與熱燒失量對背膠銅箔相當重要。

印刷電路板的特性需考慮接著劑與樹脂的配合（主成份聚乙烯酸丁醛、酚醛樹脂、環氧樹脂等），對表面電性（絕緣性、介質常數、耐漏電性）的影響很大。

接著劑和預浸材之膠片，銅箔和接著劑的最適化貼合，是研發時必須加以考慮。近年來普及的金屬基板及玻璃纖維基

板的背膠銅箔都有共通性。

## 特殊性能銅箔

電解銅箔是在迴轉的陰極滾筒上連續析出銅層，可生產厚度9~150 $\mu\text{m}$ 的銅箔，與電極表面接觸的那一面光滑且具光澤性，通常稱爲S面，常常做銅積層表面。與電解液接觸的那一面，一般簡稱爲M面，在電解過程會產生比較凹凸均一的結晶組織。這種結晶組織對銅箔的電性及物理特性有密切的關係。從其他觀點來說，電解銅箔可區分爲「一般銅箔」和「特殊性能銅箔」，這是依銅箔的電性、物理、化學、冶金及機械的等級來加以區分。

「一般銅箔」是指用於以酚醛樹脂爲基板的背膠銅箔(主要爲35 $\mu\text{m}$ )、或未塗佈接著劑（主要爲18 $\mu\text{m}$ ）而用於玻璃布基材的環氧樹脂積層或軟板所使用的銅箔。爲了因應未塗佈特性的要求，而開發「特殊性能銅箔」，以下就電解銅箔的特性加以說明。

---

### 一、紙基材酚醛樹脂用一般銅箔

---

爲了提高電解銅箔M面的接著強度施以微細粗化處理後，加以塗佈接著劑以供實際使用。

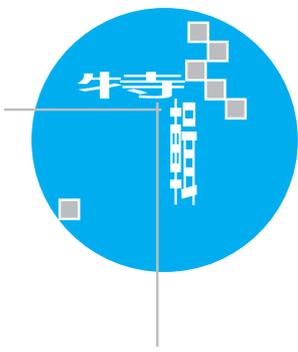
基板和銅箔間的抗撕強度藉由附在表面的微細銅粒子的物理「固著」效果，這就稱爲M面粗化處理。爲提高抗撕強度進行粗化處理，但粗化度過高，在蝕刻線路時，會有銅粒子殘留在基板上，這對後續電鍍製程和絕緣可靠性會有不良的影響。

---

### 三、LP箔（低稜線箔）

---

「一般銅箔」在未塗佈接著劑時加以使用，其表面粗度大會對多層板的層間絕

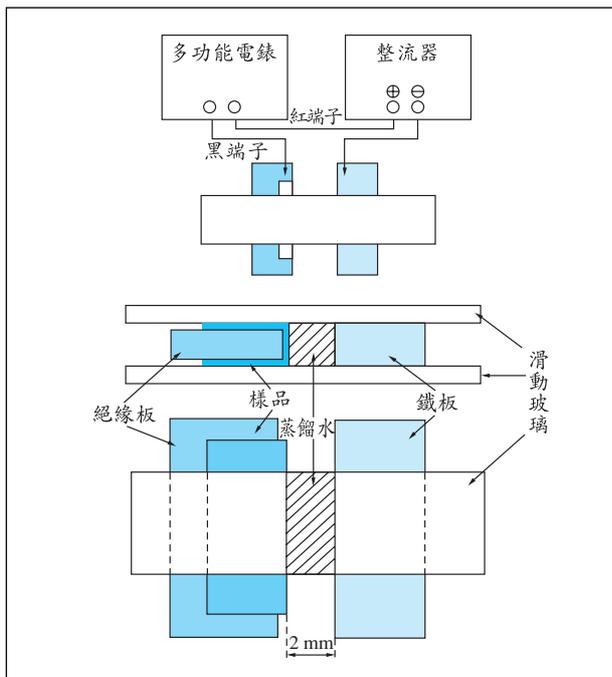


緣性造成影響。為因應這種需求乃開發LP箔，LP箔M面的粗糙度為一般箔的1/2以下。此外，做為高頻線路使用的銅箔，以減少集膚(Skin Effect)效

應。在這種用途上就必須使用近乎平滑表面的銅箔，為因應這種需求而開發VLP箔的M面粗度約為一般箔的1/3以下，但仍可維持一般箔的抗撕強度。這類VLP箔乃因印刷電路板的高多層化和細線化，用途開始增加。照片一為各種銅箔經粗化處理及蝕刻後斷面的SEM照片。

### 三、HTE箔（高溫延伸箔）

多層板壓合時的熱量會使得銅箔發生再結晶現象，能表現出在高溫(180°C)也和常溫一樣有高的延伸率(Elongation)。當多層基板內層使用電解銅箔時，所製作的通孔內環，在進行漂錫時會出現裂環之缺點。如果改用HTE，即可改善一般銅箔延



▲圖三 絕緣性測定方法

伸率不良的問題。而且可以抑制尺寸變化的加乘性效果。再結晶可得到耐折性好的產品。

### 四、HD箔（高耐折性箔）

以電解銅箔和壓延銅箔做比較，電解銅箔的機械耐折性比壓延銅箔弱了很多。可藉由電解過程選擇電流密度…等條件得到比較緻密的結晶構造而加以改善，這是軟板的基本特性要求之一。

### 五、耐遷移(Migration)箔

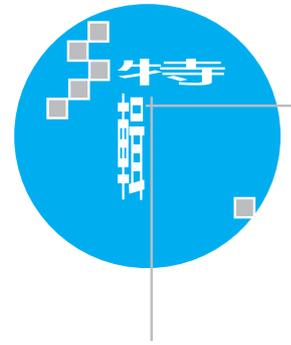
電解銅箔的表面非常活潑，為了因應各種不同的用途，實際使用時必須施以適當的表面處理。控制銅箔表面的遷移可施以Ni系的表面處理，抑制銅的離子化與進一步防止遷移，而高耐熱性等特殊用途則必須做適當的處理。

表面發生銅離子遷移對基板絕緣可靠度的影響是不容忽視的。銅箔絕緣性的測定方式如圖三所示，圖三中2個玻璃板間有陰極（鐵）、絕緣層（蒸餾水）、陽極（銅箔），試驗時施以20V的直流電，觀察電流的變化，並以多功能電錶測定電流值。印刷電路板零件構裝因為銅離子的遷移而有些限制，這些特性可藉由銅箔表面處理得到改善。

各種銅箔絕緣性測試結果如圖四所示，依表面處理方法不同把他分為A、B、C三類，其中C是在表面施以耐遷移的處理，其絕緣特性為B（一般耐熱表面處理）的3倍，是A（一般銅箔）的5~6倍，具很高的絕緣可靠度。

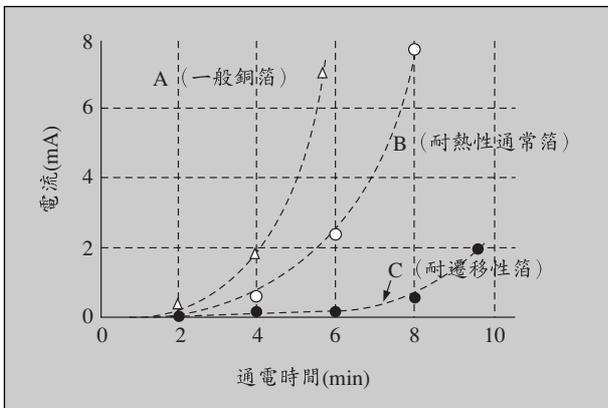
### 六、其他特殊銅箔（超薄銅箔或其他）

隨著構裝密度提高以及線寬與間距愈來愈窄的發展，銅箔側面蝕刻的問題也必



需加以突破。銅箔蝕刻的精度就顯得非常重要，因此銅箔的低稜線化和薄化（ $9\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ ）的需求愈來愈高。厚度在

$9\mu\text{m}$ 以下的銅箔在生產捲曲時會有皺折產生，乃以較厚的鋁或銅箔為支撐來製造。



▲圖四 各種銅箔的絕緣性

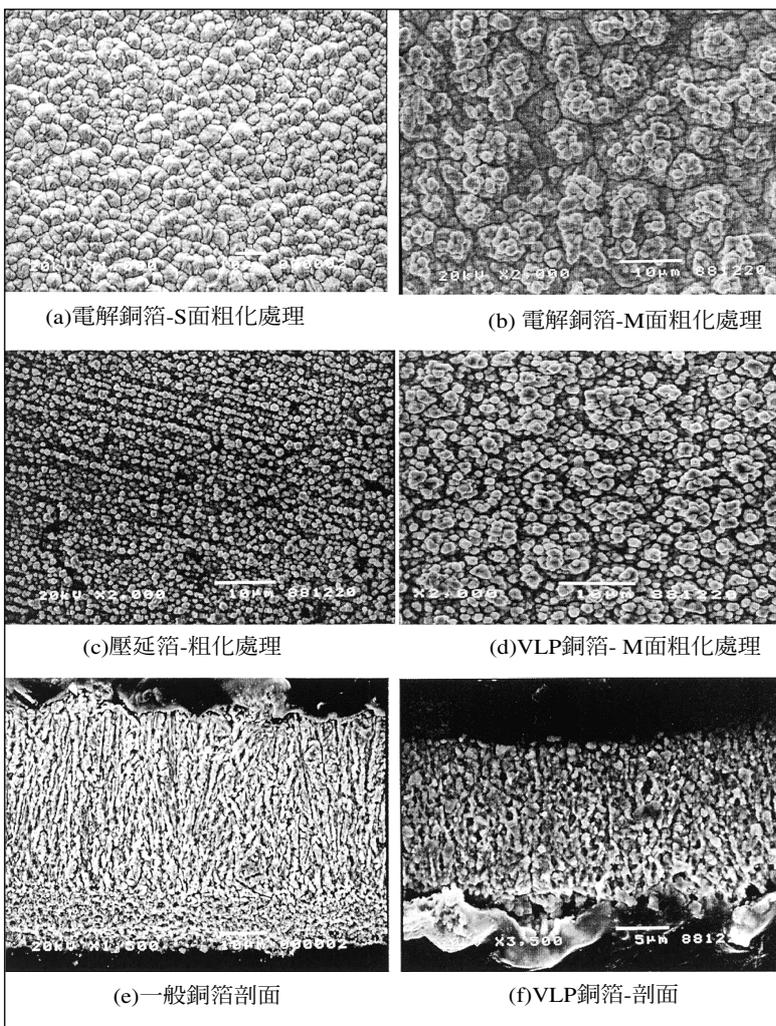
### 銅箔的可靠度評估

銅箔基板的特性主要取決於銅箔、接著劑、膠片(Prepreg)等三個主要因素，這三個因素組合調配是不可或缺的。銅箔的可靠度評估可由銅箔的基本特性及當做積層板所必須具備的基本特性加以試驗及區分。以印刷電路板使用的銅箔基板種類來設定的試驗項目如下。

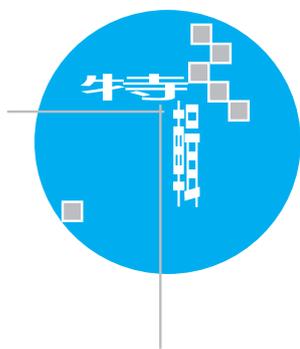
表四是高頻特性優越且適合於精細線路用的VLP箔的特性，可就銅箔各種的特性加以說明。

### 一、銅箔的厚度

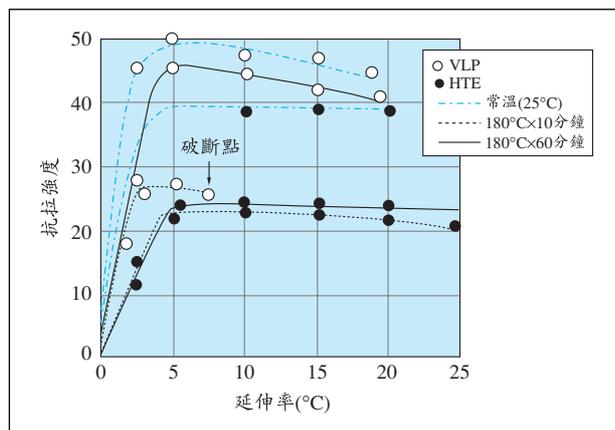
銅箔基板用銅箔的厚度，酚醛樹脂積層板（以下簡稱紙基板）標準是使用 $35\mu\text{m}$ 。玻璃布基材環氧樹脂積層板（以下簡稱玻纖基板）雙面板用 $35\mu\text{m}$ 銅箔，但多層板內層當訊號線則可使用 $18$ 或 $35\mu\text{m}$ ，而當電源線路通常使用 $70\mu\text{m}$ 銅箔。隨著印刷電路板的構裝密度提高，QFP (Quad Flat Package)和片狀電阻等表面構裝零件已經邁向 $0.3\text{mm}$ 腳距及1005種零件的實用化階段。線路設計也以每個腳距間有3~5個微小線路為標準。厚度 $18\mu\text{m}$ 的一般銅箔和VLP箔線路蝕刻精度比較，VLP箔設計精細的線路，蝕刻後斷面幾乎維持長方形，側面不容易被蝕刻。一般銅箔基板上呈梯形，斷面的形狀幾乎完全變形。兩



▲相片一 各種銅箔經粗化處理及蝕刻後剖面的SEM金相



者間不同主要是因為VLP箔的M面較平滑，蝕刻時間短不會發生殘銅。可藉由特殊的製造技術控制M面的凹凸形狀以及微瘤化技術來達成。



▲圖五 35μm箔抗拉強度與延伸率關係

表四 VLP箔特性

特性項目		單位	VLP特性值			
銅箔物性	銅箔公稱厚度	μm	18	35	70	
	銅箔重量	g/m <sup>2</sup>	153	285	582	
	抗拉強度	常溫	×10 <sup>3</sup> Pa	56.0	56.6	56.2
		*高溫		24.0	26.1	-
	延伸率	常溫	%	9.6	10.3	9.9
		*高溫		9.7	9.5	-
耐折性		回/500g	105	92	70	
表面粗度 Ra	M面	μm	0.45	0.55	0.65	
	S面	μm	0.26	0.26	0.26	
積層板特性	抗撕強度	常態	kN/m	1.20	1.45	1.60
		焊接處理後		1.20	1.46	1.60
		高溫中(125°C)		0.84	1.18	1.32
		加熱處理後**		1.06	1.30	1.44
		耐HCl性(劣化率)		%	2.2	3.0
	耐NaOH性(劣化率)	%	0.0	0.0	0.0	
加熱變色性***			良好	良好	良好	
焊錫沾錫性			良好	良好	良好	
UV油墨密著性		鉛筆硬度	2H	2H	2H	
顏色	M面		褐色	褐色	褐色	
	S面		粉紅色	粉紅色	粉紅色	

\*高溫抗拉強度、延伸率180°C下測定

\*\*180°C下保持48小時後測定

\*\*\*S面加熱至180°C×30分鐘

## 二、抗拉強度和延伸率

35μm的銅箔的抗拉強度和延伸率關係，以35μm的VLP箔和HTE箔做比較（圖五），圖中曲線末端為破斷點。VLP箔在常溫下和一般銅箔都具有高的抗拉強度和延伸率，經180°C、10分鐘加熱處理後，變化成退火狀態，如果進一步保持加熱狀態60分鐘，抗拉強度有恢復的傾向。HTE箔加熱處理後抗拉強度下降，但卻有比常溫更高的延伸率。

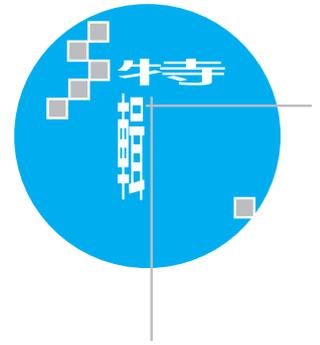
## 三、耐折性

銅箔的耐折性依JIS-C-5016規定使用MIT試驗機，從銅箔的縱向與橫向取試片進行測定。銅箔的熱處理溫度和耐折性次數有相當的關係。電解銅箔的數值較穩定。

壓延銅箔壓延方向和幅寬方向有明顯的差異，溫度升高時耐折性有增加的傾向，如圖六所示。

## 四、表面粗度

電解銅箔表面的粗度與M面的結晶構造凹凸面所附著的粗化粒子的大小和形狀有極密切關係，對銅箔和基板間的接著強度有直接的影響。在緻密平滑的結晶構造上，儘可能附著微小的粗



化粒子，而且可以滿足所需的抗撕強度，在這種構想下開發出VLP箔。一般銅箔與VLP箔蝕刻結果比較（銅箔厚度 $35\mu\text{m}$ ），VLP箔可在25秒蝕刻完成，一般銅箔約需34秒，若要使殘銅完全消失所需時間更長（約40秒）。

關於表面粗度拿VLP箔和一般箔做比較（如表五），就不難理解。一般銅箔的表面平均粗度( $R_a$ )為VLP箔最大粗度( $R_{\text{max}}$ )的1/4左右，蝕刻時間短是很容易想像的。一般銅箔的 $R_{\text{max}}$ 約為VLP箔的2.5倍，殘銅要完全消失，表示需要較長的蝕刻時間。

使用上面所提供的VLP箔和標準銅箔的實測值，試算出 $R_a$ 、 $R_{\text{max}}$ 、( $R_{\text{max}}-R_a$ )的相對比例，得到的值分別為2.55、2.48、2.47。由此可知 $R_{\text{max}}$ 控制蝕刻的時間，當 $R_a$ 值愈大， $R_{\text{max}}$ 也有變大的傾向。這意味著當比表面積小，且接近於平滑時與比表面積大的情況，粗化粒子所造成的影響是不同的。

電解銅箔的M面粗化處理，是利用電

解時在超過極限電流下所析出銅的粒子而得到粗化效果。然而當M面的粒子凹凸過大，凸處電流集中，很難產生均一的粗度。凸處電流集中是產生銅粒子的主要所在處，就基板接著強度和表面粗化蝕刻性的觀點來說，過度粗化也並不理想。

## 五、抗撕強度

銅箔基板的特性中，最重要的是銅箔與基板的接著強度，可採抗撕強度(Peel Strength)測定方式來做定量的判定。此抗撕強度的單位以 $\text{kN/m}$ （或 $\text{Kg/cm}$ ）表示。

抗撕強度的測定是以線寬 $1\text{mm}$ 進行蝕刻做成，用抗撕試驗機在銅箔的垂直方向以每分鐘 $50\text{mm}$ 的標準速度往上拉，測定撕起時所需力量，並記錄撕起時的最小值，通常是以抗撕強度的下限值表示。

### 1. 常態下的抗撕強度

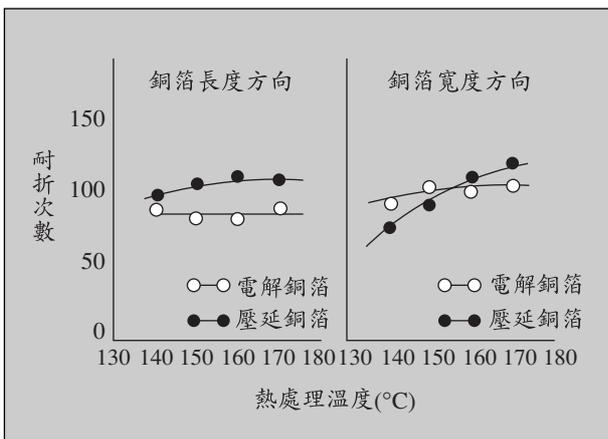
常態下的抗撕強度是CCL最基本的特性之一，而 $35\mu\text{m}$ 銅箔的紙基板與玻纖基板之實用化強度的下限值是 $1.2\text{kN/m}$ 。常態下抗撕強度會隨著銅箔厚度而不同，抗撕試驗測試受到銅箔本身機械強度的影響， $18\mu\text{m}$ 銅箔因較 $35\mu\text{m}$ 薄，故機械強度較弱下抗撕強度也較低。 $70\mu\text{m}$ 銅箔較 $35\mu\text{m}$ 厚，抗撕強度也較高。所以必須以相同厚度的銅箔進行比較。至於常態下抗撕強度可做為其他試驗比較的基值，並可看出處理的效果。

### 2. 焊接處理後的抗撕度

把積層板浮在 $260^\circ\text{C}$ 的熔融焊槽上，懸浮的時間依基板不同而異，規定紙基板5秒以內，玻纖基板20秒以內，可以維持常態下的抗撕強度。

### 3. 加熱時的抗撕強度

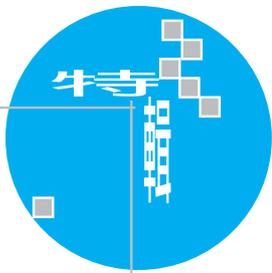
紙基板在 $105^\circ\text{C}$ 的氣氛中測定，而玻



▲圖六 MIT耐折性

表五 銅箔表面粗度實際測定值

	$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_{\text{max}}$ ( $\mu\text{m}$ )
VLP箔	0.55	5.04
一般銅箔	1.40	12.50



纖基板通常在125°C測定，銅箔M面的粗化對抗撕強度的影響很大，在高溫時仍要求良好抗撕強度時，可用更好的耦合劑處理而加以改善。

#### 4. 加熱處理後的抗撕強度

依美國保險業協會UL (Underwriters Laboratories, INC.)規格規定，板材加熱處理後也要求測定抗撕強度。加熱至177°C，加熱時間依級別而定，以玻纖基板為例，加熱時間為240小時。基板的接著性評估是非常嚴格的試驗之一。

#### 5. 耐酸劣化率

銅箔基板在印刷電路板線路形成時必須以蝕刻去除不必要的銅箔，線路蝕刻主要是用氯化鐵或氯化銅溶液，如此可確保蝕刻的可靠度。一般在常溫下以6N稀鹽酸浸60分鐘測抗撕強度，並與空白試驗比較測其劣化率，這是對銅箔表面處理特性有很大影響的試驗項目。

#### 6. 耐鹼劣化率

銅箔基板在線路鍍金時，為確保不會對抗撕強度造成影響，其測定方法如下：將試片泡在3%NaOH溶液中，40°C下維持3分鐘後測定。耐鹼性劣化率、耐酸劣化率同樣是耐藥品性的重要項目之一，銅箔的表面處理肩負重要的因素。

蝕刻後基板的表面必須保持清潔，在無電鍍金前處理所使用的觸媒若在基板上產生污染，這是直接造成鍍金不良的主要原因。

---

## 六、變色

---

銅箔基板在加熱加壓成型時，銅箔的S面必須先施以表面處理（防銹處理）防止變色，依JIS規定的試驗，通常加熱至180°C並在此溫度下維持30分鐘，以目視判斷是否合乎標準。

---

## 七、焊錫沾錫性

---

銅箔基板因應各種不同的使用目的，必須施以各類的表面處理。銅箔產品的壽命在乾燥的室內（25°C，60%RH以下）保存，依商業上的習慣至少要3個月以上，為了拉長保證期，需施以防銹處理；相反的，在這種情形下必須注意焊錫的沾濕性下降。

---

## 八、UV油墨的密著性

---

線路形成時與蝕刻光阻劑的相容性試驗是必要的，以鉛筆硬度表示之。

---

## 九、銅箔的顏色

---

銅箔基板M面的顏色主要有粉紅色、褐色、黃色及灰色等商品電解銅箔，紙基板統一用粉紅色，玻纖基板和軟板除了用粉紅色之外，為因應耐熱、耐化學品的需求，這一類積層板使用褐色或黃色。顏色不同主要是因為表面處理方法不同所致。

## 銅箔的發展趨勢

若說印刷電路板用銅箔的發展史追隨印刷電路板技術發展並不為過，今後這種傾向也將維持不變。而印刷電路板技術本身因應電子機械的需求而發展。

目前電子機械強烈的需求是低成本、高可靠度、高功能化所帶來的效應，為了因應這些需求，印刷電路板技術已到了更先進的層次。

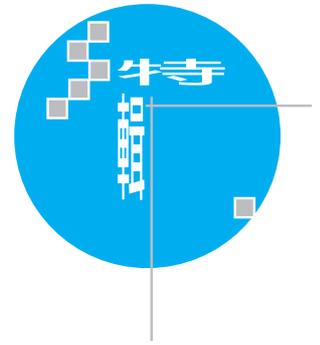
印刷電路板用銅箔技術因應需求特性、用途朝向高性能發展，並與加工技術有密切關係。

---

## 一、單面印刷電路板

---

主要為民生用途，基板以紙質的酚醛



樹脂、紙質的環氧樹脂以及紙質或聚酯類佔大部份。在這個領域大都用於彩色電視機、錄放影機，配合低成本、耐線路間距漏電性的要求愈來愈強。也不單是銅箔而已，含接著劑、基板的整體技術都必須加以因應。

談到間距之耐漏電方面，因為它跟線路蝕刻後基板面的特性有關，所以對接著劑的對應也是不可或缺的。

## 二、軟質印刷電路板

軟質印刷電路板(FPC)的彎曲性好，主要用於構裝時需反覆彎曲的條件。銅箔要能用於反覆彎曲的用途，本身耐彎曲特性要非常好，壓延銅箔為其主流。

箔本身的耐彎曲性是愈薄愈好，但就壓延銅箔製造方法來說，加工的厚度是有極限的，銅箔愈薄所需的加工成本愈高，是主要的缺點。

以較便宜的電解法製造薄銅箔，在高溫(700°C)退火後銅晶粒再結晶(稱HD-E型)已被提出。高溫處理會使箔的物性發生變化而不易控制，且從外觀而言箔的表面氧化讓人不能不正視這個問題。

就加熱處理溫度來說 HTE型已有改善，400°C下持續5分鐘結晶組織發生改變，其熱間延伸率可達6%。某公司開發出

的HTE電解銅箔其熱間延伸率可高到20~30%，經170°C、1小時加熱處理可得到與壓延銅箔具同樣的結晶組織。

此外不需大電流容量方面的用途使用18 $\mu$ m的銅箔，由測定結果得知耐彎曲的可靠度急速上升(參考圖七)。

利用電解法做出高彎曲性、寬幅的銅箔做為積層使用，其優越性在於低成本。電解銅箔的表面較壓延銅箔粗，對細線化用途、Low Profile銅箔是主要的研發課題。

## 三、雙面通孔的印刷電路板

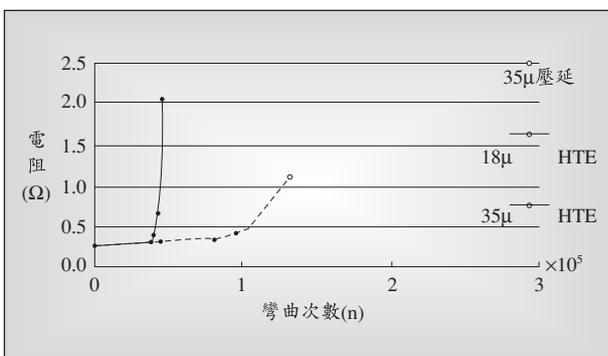
數年來為因應高密度化，多層板成為主流，藉由零件平面化及表面構裝的導入，雙面通孔的電鍍板可使構裝密度較傳統提高2倍以上。

線路精密化的條件包括：線的間距小、焊墊(Land)口徑小、孔洞變小等這些都是重要項目。做成線路時需使用處理面粗度小的UTC箔，配合半加成法(Semi-Additive)。UTC箔比一般電解銅箔價格高，而且使用時必須先去除鋁箔(支撐)，而與現行流程不太一致，致使量產化困難，是目前採用受限的主要原因。

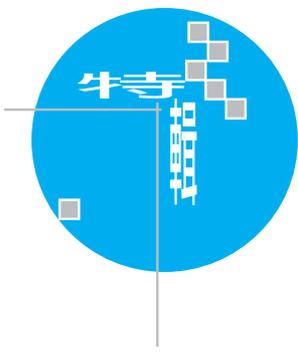
## 四、多層印刷電路板

現在多層印刷電路板高密度化的方法已經非常普及。超大型電腦的CPU以及積層線路用都已經在追求更進一步的高密度化。這種領域對銅箔特性的要求與傳統是截然不同。

換言之，為了要得到超高密度印刷電路板，所以必須具備大型化、多層化、線路的微細化等條件。



▲圖七 FPC的耐彎曲性(測定條件：彎曲半徑1.75mm，衝程30mm，回轉數24rpm，圖案寬300 $\mu$ )



### 1.大型化

印刷電路板大型化，線路蝕刻前後的尺寸變化會因位置誤差而變大，通孔互連品質之可靠度下降，要兼顧線路的微小化必需選擇適當的銅箔加以對應。線路蝕刻前後尺寸發生變化的主因是基板和銅箔的熱膨脹率不同所致，積層條件也會受到影響，銅箔愈薄，熱膨脹率也愈小。

不同的物質有其一定的熱膨脹率，圖八～十表示加熱處理時溫度引起結晶變化使膨脹率變小，然而加熱後再冷卻銅箔尺寸卻變得比加熱前小。

熱膨脹率比銅大的基材在冷卻時銅箔收縮具追隨性。

若要使線路蝕刻前後尺寸變化小，儘可能用愈薄的銅箔，而且最好是使用積層後其結晶具變化者之銅箔最為理想。

### 2.高多層化（薄絕緣層化）

絕緣層變薄可能產生的問題有：

- 尺寸變化率
- 絕緣可靠度

對於尺寸的變化率在上面已經談過了。絕緣可靠度與絕緣層的厚度有關，今後發展薄層化時銅箔接著面粗度的影響是不容忽視的。尤其是電源層等所使用的厚銅箔，它的接著面粗度以 $70\mu\text{m}$ 的箔來說已經超過 $10\mu\text{m}$ 。然而就高多層板用厚箔來說，VLP ( $R_{\text{max}} 5\mu\text{m}$ ) 的達成是不可或缺的。對應這種粗度要求的是壓延銅箔，但是在供給時受制於板的寬度較難普及。

換言之，目前是希望確立以電解法來製造VLP銅箔的製造方法。

### 3.線路的微細化

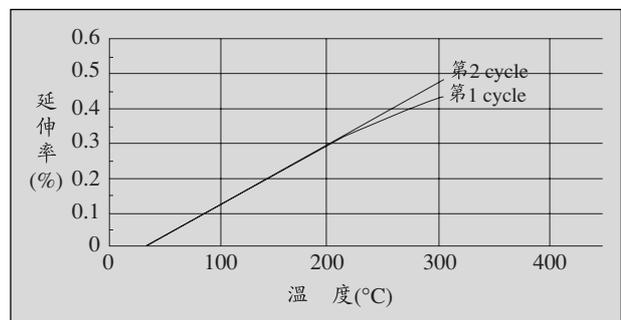
線路的微細化方面，以兩面通孔板來說前面已經提過，對高多層板的訊號傳送可靠度高而言必須達成下列兩項：

- 線路寬度的精度提高
- 線路的斷面積增大

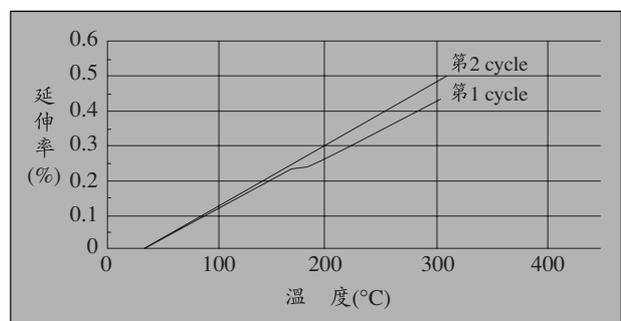
相對應的方法就是半加成法，對斷面形狀的管理非常有效，也可以使用附加支撐箔的VLP型極薄銅箔，支撐箔和銅箔接合面有不均一的狀況，在加熱時會發生膨脹的狀況。這種結果在支撐物除去後，銅箔表面產生凹凸狀況，也是銅箔和光阻劑密合不良的主要原因。

## 五、其他電路板

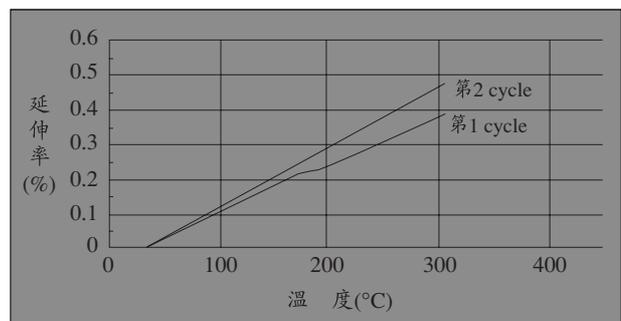
在銅的線路上形成鋁的線路，藉由鋁



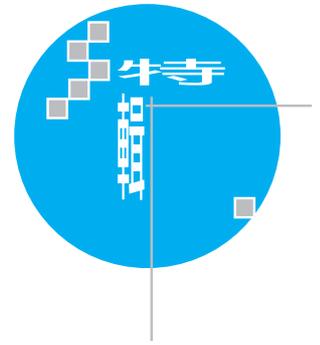
▲圖八 熱膨脹率（一般電解箔）



▲圖九 熱膨脹率（HTE箔）



▲圖十 熱膨脹率（壓延箔）



線的構裝將IC晶片直接搭載，目前已經實用化。

為了得到這種用途的銅箔基板，可藉由下面兩種方式來取得：

- 銅上面蒸鍍鋁
- 鋁支撐的銅箔

前者成本和尺寸受到限制，後者只能得到薄的銅箔而且鋁和銅的接著強度可靠度仍有諸多問題存在尚待解決。

藉由有鋁支撐或銅支撐的銅箔量產化，然後提升鋁和銅接著強度可靠度。因此將來擴大用途還有很多問題要解決，如支撐鋁箔的薄化、厚銅箔的粗度控制、銅箔物性的控制等。

### 未來發展方向

高品質高性能電解銅箔在1993年代以後，由於電子產品、封裝產業及IC製程的革新與進步，逐漸在印刷電路板製造上受到重視，其使用量增加的速度，將隨整個電子產業對產品要求輕薄短小、高功能、高可靠度及高價值的速度而定。不論其結果如何，未來在高密度細線化（4/4 mil以下）、多層化（6層以上）、薄化（ $<0.8\text{mm}$ ）及高頻的印刷電路板將會大量採用所謂的特殊性能銅箔，其市場佔有比例未來應該在40%以上，不可謂不大。

室溫高抗拉強度及高延伸率，可以提高電解銅箔的使用處理性，增強剛性避免皺折以提高產率。此外，疲勞展性的增加，也可使用於軟性印刷電路板取代壓延銅箔。高延伸率電解銅箔只要經由適當的抗氧化處理亦可取代壓延銅箔而使用在鋰電池的集電板上，也是電解銅箔提高性能的另一個具潛力的用途。

高溫高延伸率及高抗拉強度銅箔，可以提高印刷電路板熱穩定性避免變形及翹曲，同時銅箔高溫斷裂的機會也因有較高的高溫延伸率而下降。低稜線厚度均勻的銅箔在高頻阻抗需控制的細線化、薄化印

刷電路板有其特殊需求，此和銅箔顯微結構，如晶粒大小、分佈、結晶位向及分佈有關，必須在電解液配方及電鍍條件加以改良，

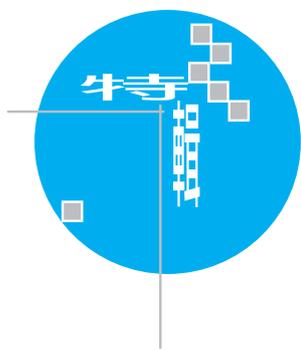
才可以產出此高蝕刻因子的銅箔。高性能VLP銅箔通常為細晶粒（ $<2\mu\text{m}$ 以下）的等軸晶粒（如照片一(f)），不含柱狀晶的表面形態，其粗度將可降低。高性能VLP銅箔可用於較薄多層化及適用於高頻電子產品的印刷電路板上，其RC延遲小，阻抗控制優良，不會產生線／線及層／層的雜訊等。

銅箔後處理在因應VLP銅箔粗度下降，而抗撕強度不能減少太多的情況下，需開發顯微瘤化製程，將微細的銅粒子不僅鍍在銅箔的凸起處，且均勻分佈在整個表面上而不增加表面粗度。此外，高頻的印刷電路板其高分子基材通常需有較高的壓合處理溫度，因此，開發高抗熱溫度防止銅離子遷移的製程也是必須的。

目前工業材料研究所正在進行高性能電解銅箔及製程的五年科專計畫，主要的研究項目為(1)等軸細晶粒VLP銅箔製程，(2)高耐疲勞延展性銅箔，(3)顯微瘤化處理技術，(4)高抗熱層合金後處理技術，及(5)超薄銅箔等產品及製程研究；另外在設備／電極材料（如DSA不溶性陽極的製造與評估技術）、製程／監控／電鍍液管理，銅箔／性能／品質與電化學配方／電鍍條件關係上詳加探討。期能提昇國內電解銅箔工業的產製能力，促進產業升級及滿足需求，提高整體電子／印刷電路板／銅箔產業的競爭能力。

### 結語

電解銅箔技術濫觴始於1960年代以前由美國的Anaconda公司所開創，其後有衍生的Gould及Yates公司；在60年代後期分



別技術移轉給日本的三井 (Mitsui)、日礦(Nikko-Gould)及古河電工，由於利潤很高為求保護產業利益，爾後只有產業的兼併而不再有技術移轉的商業

活動；因此，電解銅箔產業形成一種封閉的產業空間。由於日本在各種電子產品的先驅開發，洞察機先意識到電解銅箔，對於先進的輕薄短小電子產品，其訊號傳遞的性能及可靠度具有決定性的影響。因此，在1990年10月以前，日本三大公司完成各別兼併美國電解銅箔公司的商業活動，形成一種技術及市場寡佔幾近壟斷的狀況。在市場佔有率上三井為第一，在技術上日礦號稱第一，但在電解銅箔生箔製造R&D方面美國的Gould則扮演重要的角色以支援母公司Nikko-Gould。因此，電解銅箔產業更形封閉，所有的產業活動（設備、材料的設計、製造、採購對象、製程參數等等）皆列為商業機密，不但有專利保護外，一切皆簽訂保密協定(Non-Disclosure Agreement)來保護自己發明或產品Know-how等。電解銅箔廠商除了為求自身利益以專利公開保護外，幾無公開的文獻探討製程參數（註：電鍍銅、溼法冶金電解提煉銅或電解精煉銅卻有很多文獻）及設備的設計、改良及整合。因此，電解銅箔廠的設備製造下包廠商，縱使有能力製作各個精良的設備組件，但亦無法具備建立銅箔廠的整合能力，亦即無法設計及整合電解銅箔廠。

然而，由於電解銅箔廠的高利潤誘因，再加上其為電子工業印刷電路板的重要原料，總是有人想盡辦法，花費不少人力、物力、時間以強大的財力做後盾，聘請銅箔廠退休人員的技術能力，千方百計以取得建廠技術資料，經過千辛萬苦經營數載（5~6年，數十億的建廠經費及初期數年也是十數億的賠本經營）才能建立穩

定的生產技術能力，而後進入佳境並在短期內回收投資而賺錢，如我國的某些廠等。然而我國這些銅箔廠雖具備整合能力，但設備設計及製造的能力仍然相當欠缺，同時更重要的是取得技術不完整且不夠先進，產率及品質皆不佳。產品自用供其公司下游的CCL或PCB廠使用，無法生產高品質高性能電解銅箔。

更何況，有別於傳統銅箔的高性能高品質電解銅箔，'93年以後開始進入世界PCB市場，'97年後才逐漸受到重視。我國直到去年'98年底才有日本廠商推介MLS銅箔給我國PCB產業，該是我國未來使用高性能高品質電解銅箔的濫觴。目前我國這些廠商對此未來有強勁需求之高性能高品質電解銅箔完全無產製能力。

此外，最近幾年我國印刷電路板產業以15~25%高成長率蓬勃發展，促使傳統電解銅箔的需求量大增，'97年國內進口銅箔（含CCL銅箔）約50億元，'98年估計約68億元，'99年估計約75億元。將來要配合高密度、細線化、薄化等技術發展傾向之高性能印刷電路板產品及製程特性需求的高性能電解銅箔應佔PCB市場應用的40%以上，預估2005年需求在53~70億元間，完全仰賴進口，將加大進口值對產業的競爭力並造成衝擊。

為免於日後再受限於日本人的牽制，同時在此高性能銅箔的使用即將轉型之際，政府應鼓勵國人（尤其民間配合研究機構）建立高性能電解銅箔設備設計／整合能力及高性能銅箔的製造與開發，實有相當大的重要性及迫切性，對產業效益與關聯效果應屬宏大。我國廠商如能洞識此一商機，在高性能銅箔市場開始抬頭之際，建立此產品的生產能力，未來將有無限的商業契機，否則面臨一般銅箔產量增加、利潤下降的情況下，將會面對較困難的處境。